

EVALUASI SIMPANG BERSINYAL DAN BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN DI JALAN Dr. WAHIDIN S – KUSUMA BANGSA – Dr. SUTOMO – PATTIMURA KABUPATEN JOMBANG

Rahmanda Ibadillah¹, Achendri M. Kurniawan², Supiyono³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: ¹rahmanda2001@gmail.com, ²achendri.ac@gmail.com, ³supiyono10@gmail.com

ABSTRAK

Persimpangan bersinyal di Jalan Dr. Wahidin S – Kusuma Bangsa – Dr. Sutomo – Pattimura Kabupaten Jombang merupakan persimpangan yang sering terjadi konflik lalu lintas. Hal ini disebabkan karena adanya pergerakan distribusi lalu lintas yang saling memotong kendaraan dengan kendaraan lainnya sehingga mengakibatkan terjadinya gangguan lalu lintas, kemacetan bahkan kecelakaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan ulang persimpangan untuk menghitung tingkat kinerja alternatif, biaya operasional kendaraan, nilai kemacetan serta menghitung perkiraan tahun simpang akan jenuh kembali. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berupa volume kendaraan, waktu sinyal dan geometrik simpang, sedangkan data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jombang. Untuk mengevaluasi data-data tersebut, pedoman MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan 96 Tahun 2015 digunakan sebagai acuan. Setelah evaluasi didapatkan, perhitungan biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan masing-masing dihitung menggunakan *Pacific Consultant International (PCI)* dan *Tzedakiz 1980*. Hasil penelitian didapat derajat kejenuhan (DS) = 0,851; tundaan (D) = 31,150 det/smp; dan nilai tingkat pelayanan (LOS) D, alternatif solusi yang digunakan dengan mengubah waktu siklus dan pelarangan arus belok kanan maka didapatkan derajat kejenuhan (DS) = 0,289; tundaan (D) = 12,757 det/smp; dan nilai tingkat pelayanan (LOS) B. Biaya operasional kendaraan terhadap kemacetan pada kondisi eksisting Rp2.581.765/km. Setelah dilakukan perbaikan kinerja simpang biaya operasional kendaraan terhadap kemacetan simpang menjadi Rp1.060.823 /km.

Kata kunci : simpang bersinyal, biaya operasional kendaraan, biaya kemacetan

ABSTRACT

The signalized intersection on Dr. Wahidin S – Kusuma Bangsa – Dr. Sutomo - Pattimura street in Jombang district is an intersection where traffic conflicts often occur. This is due to the movement of traffic distribution which intersects vehicles with other vehicles resulting in traffic disturbances, congestion, and even accidents. Therefore, it is necessary to re-design the intersection in order to calculate alternative performance levels, vehicle operational costs, congestion values, and calculate the estimated year of the intersection will experience saturation. The data used in this study include primary and secondary data. The primary data were vehicle volume, time signal and intersection geometry, while the secondary data was obtained from the Central Bureau of Statistics (BPS) of Jombang Regency. To evaluate these data, MKJI 1997 guidelines and Minister of Transportation Regulation 96 of 2015 were used as references. Following the evaluation results, the calculation of vehicle operational costs and congestion costs were calculated using Pacific Consultant International (PCI) and Tzedakiz 1980. The results were as follows: 0.851 degree of saturation (DS); 31.150 sec/pcu delay (D); and D level of service (LOS). Alternative solutions are used by changing the cycle time and right-turning prohibition, then 0.289 degree of saturation (DS); 12.757 sec/smp delay (D); and B level of service (LOS). Vehicle operational costs for intersection congestion in existing conditions 2.581.765 IDR/km. After improving the performance of the intersection, vehicle operational costs for intersection congestion are 1.060.823 IDR/km.

Keywords: signalized intersections, vehicle operational costs, congestion costs

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Jombang merupakan salah satu daerah yang mengalami pertumbuhan penduduk yang berkembang pesat, hal ini mengakibatkan meningkatnya aktivitas penduduknya. Aktivitas penduduk terjadi karena adanya kawasan penarik dalam hal ini seperti kawasan komersial, perkantoran, sekolah, dan lain-lain. Kehadiran kawasan-kawasan tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan transportasi sehingga sering terjadi tundaan atau kemacetan. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada bidang transportasi khususnya pada persimpangan adalah konflik lalu lintas yang dikarenakan terdapat lalu lintas menerus dan saling memotong kendaraan dengan kendaraan lainnya yang mengakibatkan terjadinya gangguan lalu lintas (Priyanti, 2014).

Salah satu bagian dari jalan kota di Kabupaten Jombang yang dianggap perlu membutuhkan evaluasi adalah simpang Jalan Dokter Wahidin Sudirohusodo – Jalan Kusuma Bangsa – Jalan Dokter Sutomo – Jalan Pattimura Kabupaten Jombang. Pada persimpangan tersebut konflik yang terjadi pada lampu lalu lintas adalah pendekatan Barat dan Timur, serta pendekatan Utara dan Selatan menjadi satu fase sinyal sehingga mengakibatkan antrean kendaraan yang cukup panjang. Simpang tersebut juga merupakan akses ke beberapa fasilitas seperti sekolah, universitas, maupun tempat kerja yang mengakibatkan penumpukan pada jam puncak di simpang tersebut.

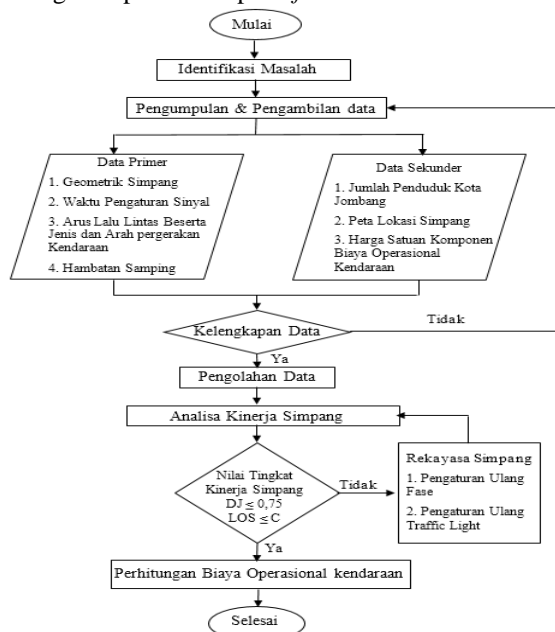
Kadaan seperti ini tentunya menjadi penyebab kemacetan dan antrian kendaraan pada persimpangan Jalan Dokter Wahidin Sudirohusodo – Jalan Kusuma Bangsa – Jalan Dokter Sutomo – Jalan Pattimura Kabupaten Jombang. Adanya antrian tersebut menjadi penghambat arus kendaraan, kemacetan yang terjadi juga menimbulkan peningkatan biaya operasional kendaraan (BOK) pada tiap kendaraan yang melewati simpang.

2. METODE

Lokasi penelitian ini terletak di persimpangan Perhitungan dan analisa dari kinerja persimpangan Jalan Dokter Wahidin Sudirohusodo – Jalan Kusuma Bangsa – Jalan Dokter Sutomo – Jalan Pattimura Kabupaten Jombang pada bulan Mei 2023. Metode evaluasi data lalu lintas menggunakan pedoman MKJI 1997 dan Peraturan Menteri Perhubungan 96 Tahun 2015, perhitungan biaya operasional kendaraan menggunakan Pacific Consultant International (PCI), dan biaya kemacetan menggunakan persamaan Tzedakiz 1980.

Tabulasi dan analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk

menggabungkan dan mengkalkulasi data-data yang diperoleh dipeoleh dari survey lapangan. Tahapan perhitungan dapat dilihat pada *flowchart* berikut.

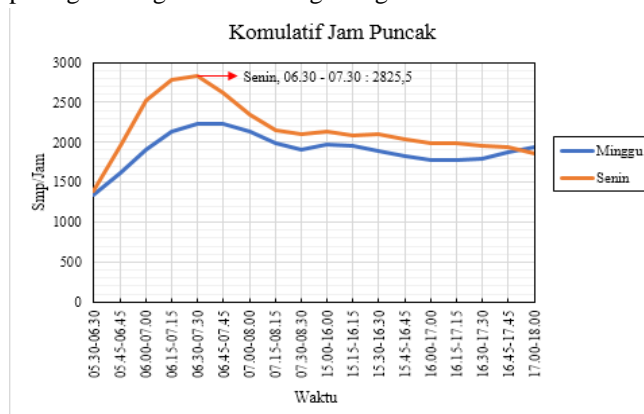


Gambar 1. Diagram Alir Perhitungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Volume Lalu Lintas

Dari hasil survei yang dilakukan selama dua hari, diambil jam puncak pagi dan sore diperoleh hasil seperti pada gambar grafik volume gabungan berikut

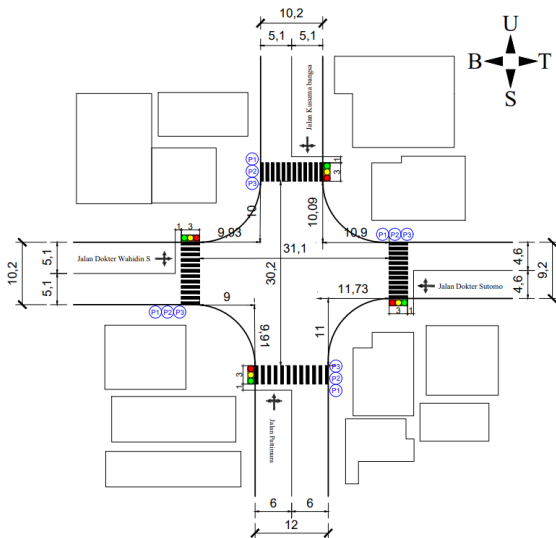


Gambar 2. Grafik Volume Kendaraan Hari Minggu dan Senin

B. Geometrik Simpang

Data geometrik dan kondisi simpang jalan diambil secara langsung oleh peneliti. Pada simpang empat ini digunakan kode pendekat, yaitu

- Jalan Kusuma Bangsa : Kode pendekat U (Utara)
- Jalan Pattimura : Kode pendekat S (Selatan)
- Jalan Dr. Sutomo : Kode pendekat T (Timur)
- Jalan Dr. Wahidin S : Kode pendekat B (Barat)



Gambar 3. Kondisi Geometrik simpang

Tabel 1. Geometrik Jalan Eksisting

Kode Pendekat	Media Ya/tdk	Belok kiri langsung ya/tdk	Lebar Pendekat (m)			
			Pendekat	Masuk	Belok kiri langsung	Keluar
U	T	T	5,1	5,1	-	6,0
S	T	T	6,0	6,0	-	5,1
T	T	T	4,6	4,6	-	5,1
B	T	T	5,1	5,1	-	4,6

C. Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Pada analisis ini menggunakan rumus MKJI 1997 dan terdapat pada formulir SIG IV dan SIG V. Berikut merupakan tabel dari SIG IV.

Tabel 2. Kinerja SIG IV

Kode pen dekat	Arus jenuh Nilai disesuikan smp/jam (S)	Arus lalu lintas smp/jam (Q)	Waktu hijau det (g)	Kapasitas smp/jam $S \times g/c = (C)$	Derajat kejenuhan (DS)
(1)	(17)	(18)	(21)	(22)	(23)
U	1907,8	691,1	25	796,500	0,868
S	2281,3	749,7		952,445	0,787
T	1819,6	692,8	25	759,667	0,912
B	1979,2	691,9		826,335	0,837

1. Kapasitas Simpang (C)

Dari nilai-nilai diatas dapat dicari nilai C rasio pada simpang, dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

$$C = 1907,8 \times 25/60$$

$$C = 796,500 \text{ smp/jam}$$

2. Derajat kejenuhan

Dari hasil perhitungan diatas dengan menggunakan pedoman MKJI 1997, didapatkan hasil kapasitas simpang pada pendekat utara sebesar 796,500 smp/jam, sedangkan untuk derajat kejenuhan didapatkan dari pembagian antara arus lalu lintas (Q) dengan nilai 691,1 smp/jam yang dibagi dengan kapasitas sebenarnya (C) sehingga dapat dituliskan :

$$DS = Q / C$$

$$DS = 691,1 / 796,500$$

$$DS = 0,868$$

3. Tundaan

Tabel 3. Kinerja SIG V

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam Q	Derajat Kejenuhan DS = Q/C	Tundaan		
			Tundaan Lalu lintas rata-rata det/smp DT	Tundaan geometrik rata-rata det/smp DG	Tundaan rata-rata det/smp D = DT + DG
(1)	(2)	(4)	(13)	(14)	(15)
U	691,1	0,868	27,887	4,015	31,902
S	749,7	0,787	20,164	3,960	24,123
T	692,8	0,912	36,130	4,083	40,213
B	691,9	0,837	24,389	3,972	28,361

Tundaan dapat dinyatakan dengan rumus berikut

$$D = DT + DG$$

$$D = 27,887 + 4,015$$

$$D = 31,902$$

D. Analisa Kinerja Simpang dan Biaya Operasional kendaraan Kondisi Eksisting

Tabel 4. Hasil Analisis Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Kode Pendekat	Arus lalu lintas (smp/jam) Q	Derajat kejenuhan DS	Kapasitas (smp/jam) C	Panjang Antrian (meter) QL	Tundaan rata-rata D	Tingkat Pelayanan LOS
U	691,1	0,868	796,500	59,000	31,902	D
S	749,7	0,787	952,445	47,000	24,123	C
T	692,8	0,912	759,667	61,000	40,213	E
B	691,9	0,837	826,335	69,250	28,361	D
Rata-rata	706,375	0,851	833,737	59,063	31,150	D

Berdasarkan analisis kinerja simpang yang telah dilakukan pada kondisi eksisting didapatkan waktu siklus

masih layak untuk pengaturan dua fase, akan tetapi nilai derajat kejenuhan pada beberapa lengan masih tinggi dan belum memenuhi ($DS \leq 0,75$), Tingkat pelayanan simpang masih kurang yaitu D, sehingga untuk mengurangi derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan tersebut dibuatlah pilihan alternatif pada simpang.

Tabel 5. Hasil Analisis Biaya Operasional Kendaraan dan Nilai Kemacetan Kondisi Eksisting

Kode Pendekat	Total BOK Sepeda Motor (Rp/Km)	Total BOK Mobil (Rp/Km)	Total BOK Truck (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Sepeda Motor (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Mobil (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Truck (Rp/Km)
U	97366	431657	850361	458932	149737	14541
S	79662	302596	589914	404373	132965	5080
T	94643	348655	678530	621512	215057	11460
B	114739	410589	800370	400557	161574	5977
Total	Rp4.799.082		Rp2.581.765			

Hasil perhitungan biaya operasional kendaraan pada simpang didapatkan nilai sebesar Rp4.799.082 /km dan hasil perhitungan Biaya kemacetan didapatkan nilai sebesar Rp2.581.765 /km.

E. Analisa Penanganan Kinerja Simpang Bersinyal

Berdasarkan analisis kinerja simpang pada kondisi eksisting diperlukan beberapa alternatif agar dapat meningkatkan kinerja simpang. Berikut beberapa rencana solusi alternatif penanganan simpang :

1. Perubahan waktu siklus
2. Perubahan waktu siklus dengan pelarangan belok kanan
3. Perubahan 2 fase menjadi 3 fase
4. Perubahan 2 fase menjadi 4 fase
5. Perubahan 2 fase menjadi 4 fase dengan arus belok kiri langsung dan arus berangkat dari satu-persatu pendekat pada saatnya masing-masing

F. Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Setelah Penanganan

Setelah dilakukan analisis skenario simpang dengan berbagai alternatif I hingga alternatif V, didapatkan alternatif paling efektif yaitu alternatif II. Dari hasil perhitungan kinerja simpang pada saat penerapan Alternatif ini dapat disimpulkan bahwa kinerjanya sudah memnuhi syarat yang sesuai dengan MKJI 1997. Kesimpulan ini didasari oleh nilai derajat kejenuhan dari semua pendekat simpang setelah diterapkannya alternatif II ini bernilai kurang dari batas derajat kejenuhan yang telah ditentukan

oleh MKJI yaitu derajat kejenuhan ($DS < 0,75$), terbukti pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat nilai derajat kejenuhannya sebesar 0,287, 0,267, 0,315 dan 0,285. Selain itu hasil analisa tundaan simpang per kendaraan juga menunjukkan tingkat pelayanan sudah sesuai standart, yaitu 12,757 det/kend atau tingkat pelayanan berdasarkan PM No 96 Tahun 2015 berada pada tingkat B (Baik).

Tabel 5. Hasil Analisa Kinerja Simpang Setelah Penanganan

Kode Pendekat	Arus lalu lintas (smp/jam)	Derajat kejenuhan	Kapasitas (smp/jam)	Panjang Antrian (meter)	Tundaan rata-rata	Tingkat Pelayanan
	Q	DS	C	QL	D	LOS
U	300,1	0,287	1044,011	23,922	12,737	B
S	332,3	0,267	1245,198	21,333	12,766	B
T	303,3	0,315	962,142	26,957	12,890	B
B	307,9	0,285	1079,739	24,314	12,636	B
Rata-rata	310,900	0,289	1082,772	24,131	12,757	B

Tabel 6. Hasil Analisis Biaya Operasional Kendaraan dan Nilai Kemacetan Setelah Penanganan

Kode Pendekat	Total BOK Sepeda Motor (Rp/Km)	Total BOK Mobil (Rp/Km)	Total BOK Truck (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Sepeda Motor (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Mobil (Rp/Km)	Biaya Kemacetan Truck (Rp/Km)
U	17142	75998	149715	183235	59785	5806
S	16027	60879	118684	213996	70366	2688
T	18310	67452	131271	199218	68934	3673
B	17927	64151	125051	178469	71990	2663
Total	Rp862.608		Rp1.060.823			

Hasil perhitungan biaya operasional kendaraan pada alternatif II didapatkan nilai sebesar Rp862.608 /km dan hasil perhitungan biaya kemacetan didapatkan nilai sebesar Rp1.060.823 /km. Total biaya operasional kendaraan dan biaya kemacetan lebih murah dibandingkan kondisi eksisting dengan nilai sebesar Rp4.799.082 /km dan sebesar Rp2.581.765 /km.

G. Perhitungan Kemampuan Kinerja Simpang Setelah dilakukan Penanganan Simpang

Data yang dipakai dalam perhitungan ini menggunakan data faktor pertumbuhan lalu lintas kabupaten jombang, berikut merupakan perhitungan setiap untuk beberapa tahun yang akan datang. Contoh perhitungan pada pendekat utara tahun ke - 1 :

Diketahui perhitungan setelah penanganan :

- $DS = 0,51$
- $Tundaan (D) = 14,08$

- Faktor pertumbuhan lalu lintas = 4% (0,04)
- Volume arus lalu lintas (Q) = 490,70

1. Derajat kejenuhan tahun ke – 1

$$DS_n = DS + (DS \times i)$$

$$= 0,51 + (0,51 \times 0,04)$$

$$= 0,56$$

2. Tundaan tahun ke – 1

$$D_n = D + (D \times i)$$

$$= 14,08 + (14,04 \times 0,04)$$

$$= 14,64$$

3. Volume arus lalu lintas tahun ke – 1

$$Q_n = Q + (Q \times i)$$

$$= 490,70 + (490,70 \times 0,04)$$

$$= 510,33$$

Tabel 7. Prediksi Kemampuan Simpang Pendekat Utara

Tahun ke	Tahun rencana	Faktor pertumbuhan	Derajat Kejenuhan	Tundaan
	2023	0,04	0,29	12,76
1	2024	0,04	0,30	13,27
2	2025	0,04	0,31	13,80
3	2026	0,04	0,32	14,35
4	2027	0,04	0,34	14,92
5	2028	0,04	0,35	15,52
6	2029	0,04	0,36	16,14
7	2030	0,04	0,38	16,79
8	2031	0,04	0,39	17,46
9	2032	0,04	0,41	18,16
10	2033	0,04	0,43	18,88
11	2034	0,04	0,44	19,64
12	2035	0,04	0,46	20,42
13	2036	0,04	0,48	21,24
14	2037	0,04	0,50	22,09
15	2038	0,04	0,52	22,98
16	2039	0,04	0,54	23,89
17	2040	0,04	0,56	24,85

Tabel 8. Prediksi Kemampuan Simpang Pendekat Selatan

Tahun ke	Tahun rencana	Faktor pertumbuhan	Derajat Kejenuhan	Tundaan
	2023	0,04	0,27	12,77
1	2024	0,04	0,28	13,28
2	2025	0,04	0,29	13,81
3	2026	0,04	0,30	14,36
4	2027	0,04	0,31	14,93
5	2028	0,04	0,32	15,53
6	2029	0,04	0,34	16,15
7	2030	0,04	0,35	16,80
8	2031	0,04	0,37	17,47
9	2032	0,04	0,38	18,17
10	2033	0,04	0,40	18,90
11	2034	0,04	0,41	19,65
12	2035	0,04	0,43	20,44
13	2036	0,04	0,44	21,26
14	2037	0,04	0,46	22,11
15	2038	0,04	0,48	22,99
16	2039	0,04	0,50	23,91
17	2040	0,04	0,52	24,87

Tabel 9. Prediksi Kemampuan Simpang Pendekat Timur

Tahun ke	Tahun rencana	Faktor pertumbuhan	Derajat Kejenuhan	Tundaan
	2023	0,04	0,32	12,89
1	2024	0,04	0,33	13,41
2	2025	0,04	0,34	13,94
3	2026	0,04	0,35	14,50
4	2027	0,04	0,37	15,08
5	2028	0,04	0,38	15,68
6	2029	0,04	0,40	16,31
7	2030	0,04	0,41	16,96
8	2031	0,04	0,43	17,64
9	2032	0,04	0,45	18,35
10	2033	0,04	0,47	19,08
11	2034	0,04	0,49	19,84
12	2035	0,04	0,50	20,64
13	2036	0,04	0,52	21,46
14	2037	0,04	0,55	22,32
15	2038	0,04	0,57	23,21
16	2039	0,04	0,59	24,14

Tabel 8. Prediksi Kemampuan Simpang Pendekat Barat

Tahun ke	Tahun rencana	Faktor pertumbuhan	Derajat Kejenuhan	Tundaan
	2023	0,04	0,29	12,64
1	2024	0,04	0,30	13,14
2	2025	0,04	0,31	13,67
3	2026	0,04	0,32	14,21
4	2027	0,04	0,33	14,78
5	2028	0,04	0,35	15,37
6	2029	0,04	0,36	15,99
7	2030	0,04	0,38	16,63
8	2031	0,04	0,39	17,29
9	2032	0,04	0,41	17,99
10	2033	0,04	0,42	18,70
11	2034	0,04	0,44	19,45
12	2035	0,04	0,46	20,23
13	2036	0,04	0,47	21,04
14	2037	0,04	0,49	21,88
15	2038	0,04	0,51	22,76
16	2039	0,04	0,53	23,67
17	2040	0,04	0,56	24,61

Tabel 7. Prediksi kemampuan tahun simpang setelah penanganan

Kesimpulan	Tahun ke	Derajat kejenuhan	Tingkat layanan
Jl. Kusuma Bangsa	17	0,56	24,85
Jl. Pattimura	17	0,52	24,87
Jl. Dokter Sutomo	16	0,59	24,14
Jl. Dr Wahidin S	17	0,56	24,61

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya :

1. Kinerja simpang bersinyal Jalan Dokter Wahidin Sudirohusodo – Jalan Kusuma Bangsa – Jalan Dokter Sutomo – Jalan Pattimura Kabupaten Jombang pada saat kondisi eksisting diperoleh nilai arus lalu lintas

- (Q) rata – rata sebesar 706,375 smp/jam, kapasitas (C) rata – rata sebesar 833,737 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) rata – rata sebesar 0,851, tundaan simpang (D) rata – rata sebesar 31,150 det/smp dan tingkat pelayanan (LOS) adalah D (25,1 – 40) kurang.
2. Perhitungan biaya operasional kendaraan keadaan eksisting sebesar Rp4.799.082 /km dan hasil perhitungan Biaya kemacetan didapatkan nilai sebesar Rp2.581.765 /km.
 3. Setelah dilakukan analisis skenario simpang dengan berbagai alternatif I hingga alternatif V, didapatkan alternatif paling efektif yaitu alternatif II. Kinerja Simpang alternatif II diperoleh nilai arus lalu lintas (Q) rata – rata sebesar 310,900 smp/jam, kapasitas (C) rata – rata sebesar 1082,772 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) rata – rata sebesar 0,289, tundaan simpang (D) rata – rata sebesar 12,757 det/smp dan tingkat pelayanan (LOS) adalah B (5,1 – 15) baik.
 4. Perhitungan biaya operasional kendaraan keadaan eksisting setelah dilakukan penanganan sebesar Rp862.608 /km dan hasil perhitungan biaya kemacetan didapatkan nilai sebesar Rp1.060.823 /km.
 5. Analisa perkiraan tahun simpang akan jenuh kembali setelah dilakukan penanganan simpang diperoleh pada tahun ke-17 di Jalan Kusuma Bangsa, tahun ke-17 di Jl. Pattimura, tahun ke-16 di Jalan Dokter Sutomo, , tahun ke-17 di Jalan Dokter Wahidin Sudiro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim ,1987, Persamaan PCI (Pasific Consultant Internaational) , PT. Pasific Consultant International.
- [2] Anonim. 2004. Undang - Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- [3] Direktorat Jendral Bina Marga, (1997), Manual kapasitas jalan Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [4] Priyanti, D., & Natasa, D. F. (2014). Evaluasi Pelayanan Lalu Lintas Di Persimpangan Charitas Palembang (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [5] Republik Indonesia. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 96 tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan. Jakarta.
- [6] Tzedakis, A., 1980, Different Vehicle Speeds and Congestion Cost, Journal of Transport Economics and Policy, 14 (1), 81-103.